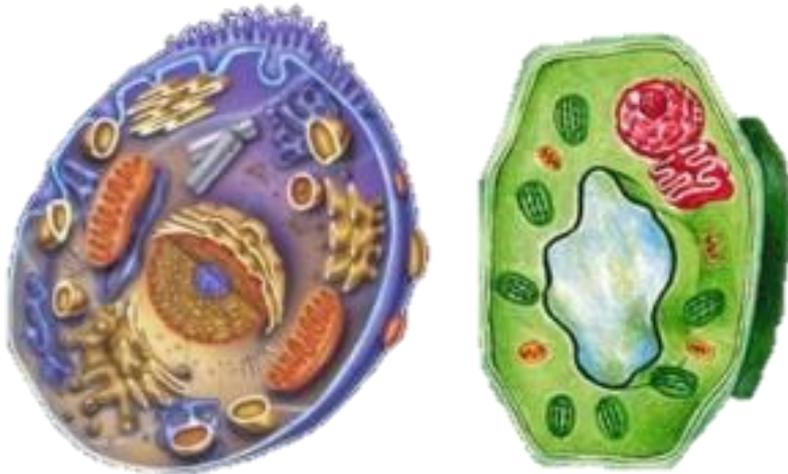


ARQUITETURA CELULAR: ORGANIZAÇÃO DA CÉLULA DOS ORGANISMOS PROCARIÓTICOS E EUCARIÓTICOS

Aula 2

LGN0114 – Biologia Celular



Maria Carolina Quecine
Departamento de Genética
mquecine@usp.br

**Como tudo começou ... uma
jornada de 3,8 bilhões de anos**



Especiação: diversidade da vida

Desenvolvimento: surgimento do crescimento controlado (organismo multicelular funcional)

Homeostase: desenvolvimento de sistemas complexos para controle do ambiente interno

Multicelularidade: especialização das células

Eucariotos: teoria da endossimbiose

Fotossíntese: habilidade de utilizar o Sol como fonte energética → Oxigênio (como um dos produtos gerados) mudou radicalmente a atmosfera da terra

Reprodução sexuada: combinação de genes a partir de duas células → adaptação → reprodução com variabilidade

Metabolismo (transformação de matéria e energia): Obtenção de energia e matéria prima a partir do ambiente, utilizando-as para sintetizar grandes moléculas contendo carbono

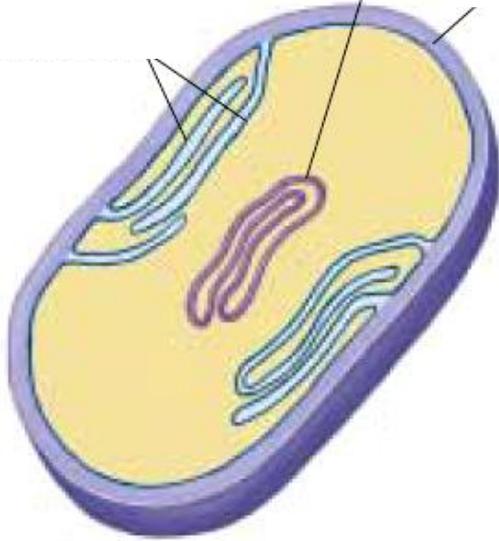
Célula: a interação de sistemas de moléculas passou a ocorrer em compartimentos delimitados por membranas

MARCOS EVOLUTIVOS

Invaginação da membrana plasmática

DNA

Parede celular



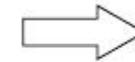
Célula de bactéria

Retículo endoplasmático

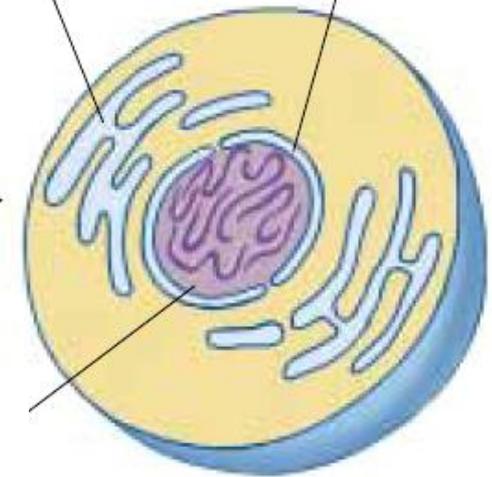
Envelope nuclear



Procarioto ancestral de uma célula eucariótica



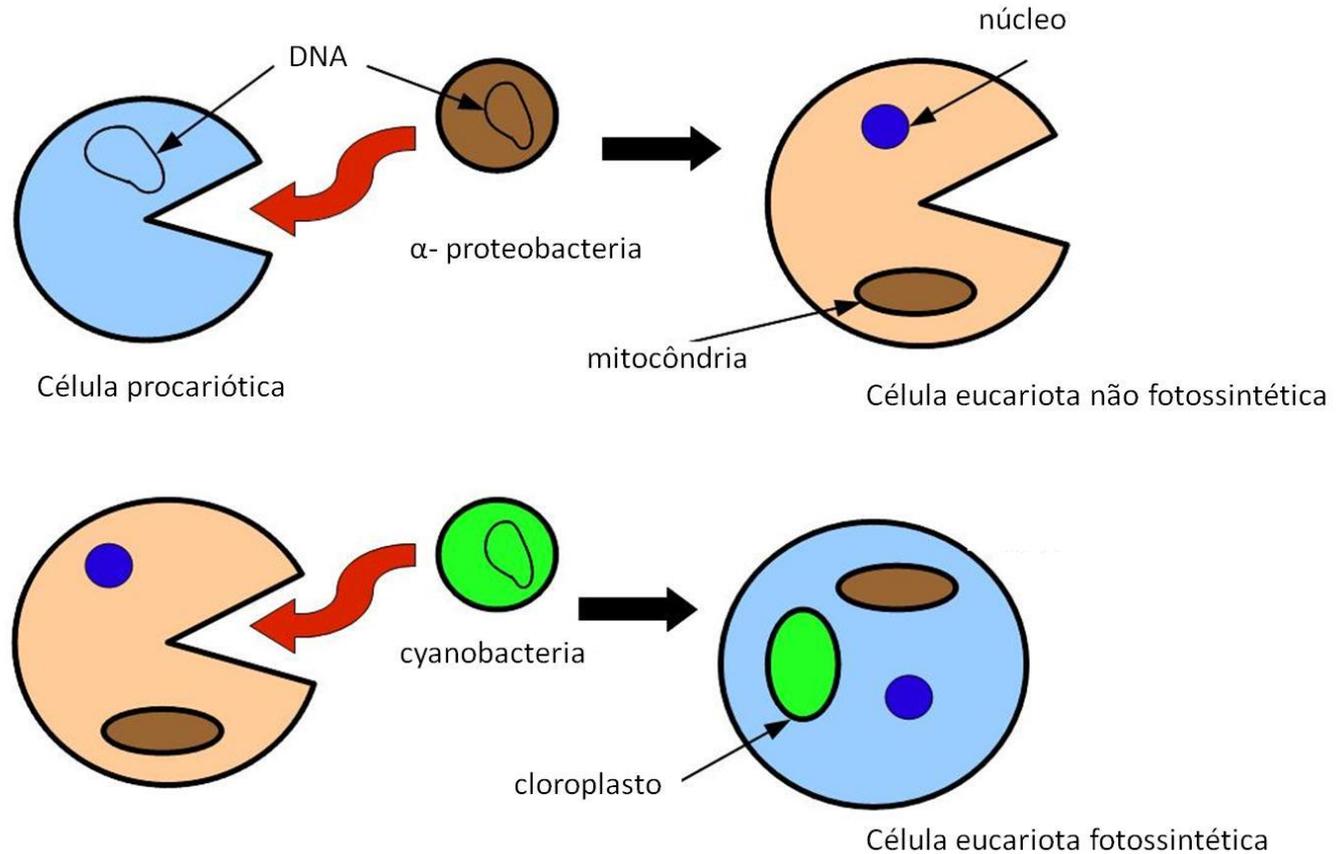
Núcleo



Célula de eucarioto

Invaginação da membrana e perda da parede celular – dois marcos importantes!!

MARCOS EVOLUTIVOS

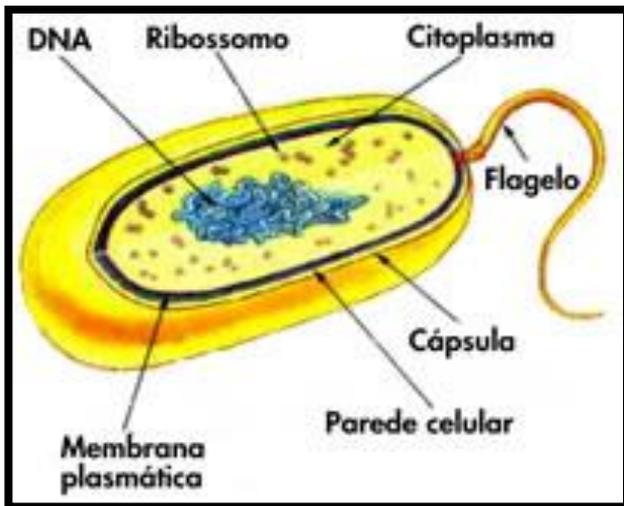
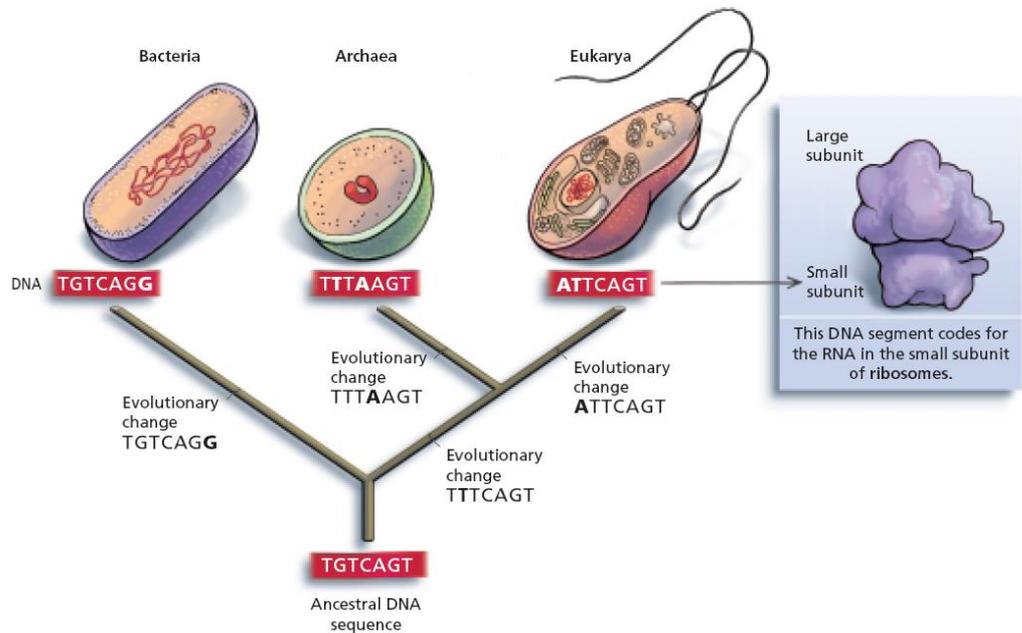


Dois eventos de endossimbiose distintos

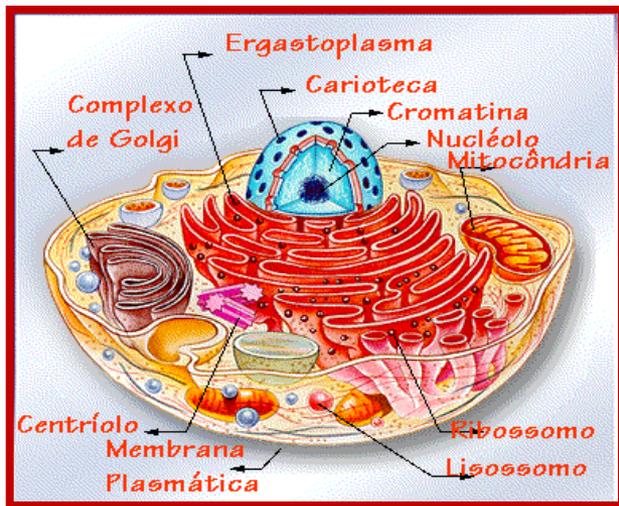
**Compartimentalização favorece
especialização de processos metabólicos**

PROCARIOTOS

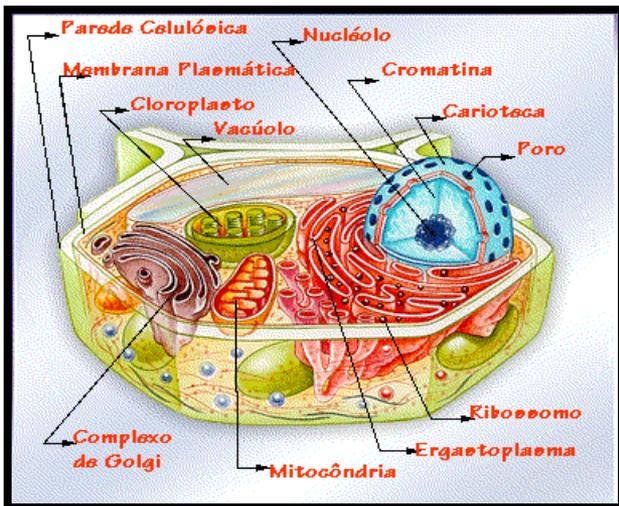
EUCARIOTOS



Célula Procariótica



Célula Eucariótica Animal



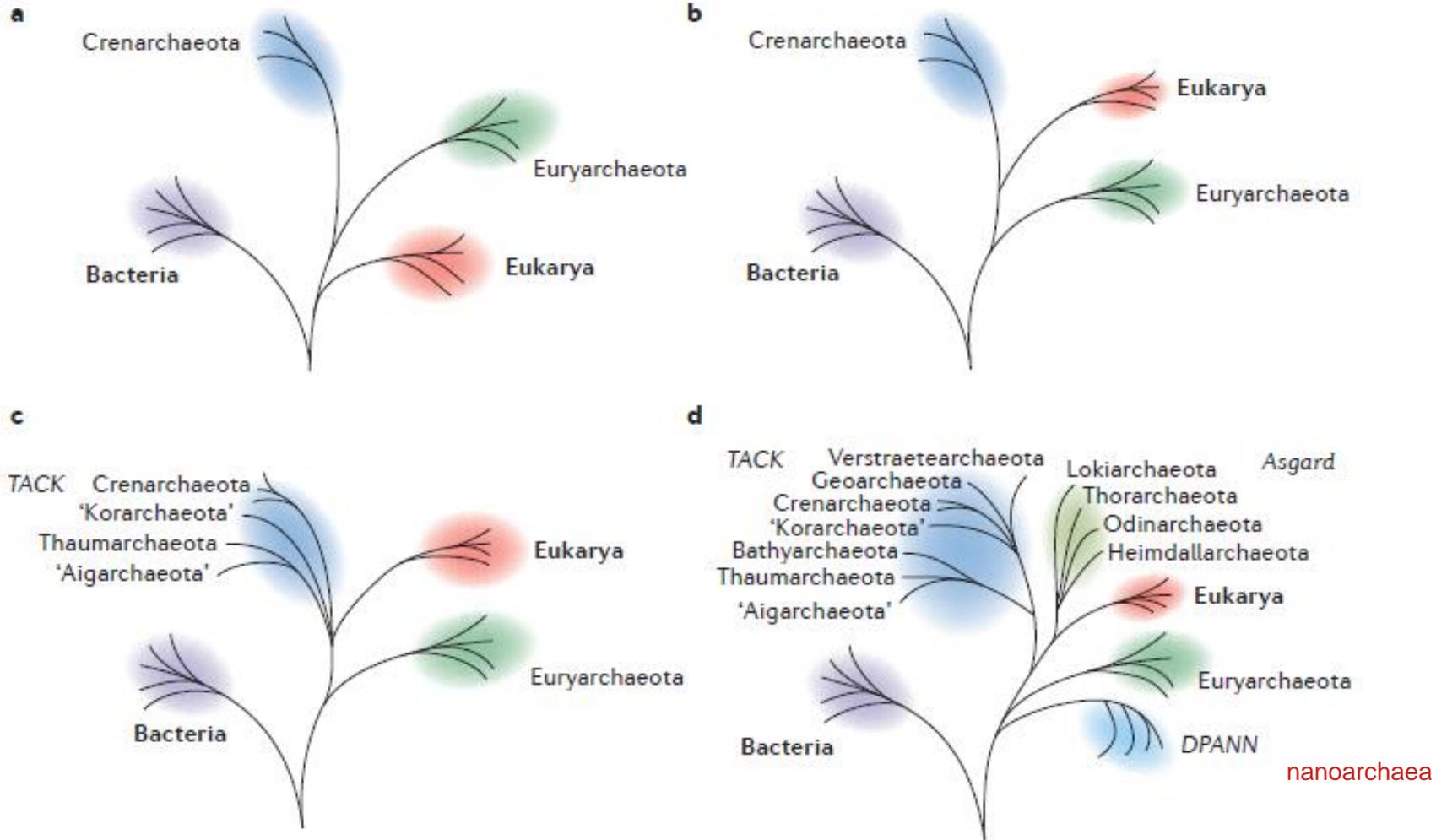
Célula Eucariótica Vegetal

Archaea and the origin of eukaryotes

Laura Eme, Anja Spang, Jonathan Lombard, Courtney W. Stairs and Thijs J. G. Ettema

Abstract | Woese and Fox's 1977 paper on the discovery of the Archaea triggered a revolution in the field of evolutionary biology by showing that life was divided into not only prokaryotes and eukaryotes. Rather, they revealed that prokaryotes comprise two distinct types of organisms, the Bacteria and the Archaea. In subsequent years, molecular phylogenetic analyses indicated that eukaryotes and the Archaea represent sister groups in the tree of life. During the genomic era, it became evident that eukaryotic cells possess a mixture of archaeal and bacterial features in addition to eukaryotic-specific features. Although it has been generally accepted for some time that mitochondria descend from endosymbiotic alphaproteobacteria, the precise evolutionary relationship between eukaryotes and archaea has continued to be a subject of debate. In this Review, we outline a brief history of the changing shape of the tree of life and examine how the recent discovery of a myriad of diverse archaeal lineages has changed our understanding of the evolutionary relationships between the three domains of life and the origin of eukaryotes. Furthermore, we revisit central questions regarding the process of eukaryogenesis and discuss what can currently be inferred about the evolutionary transition from the first to the last eukaryotic common ancestor.

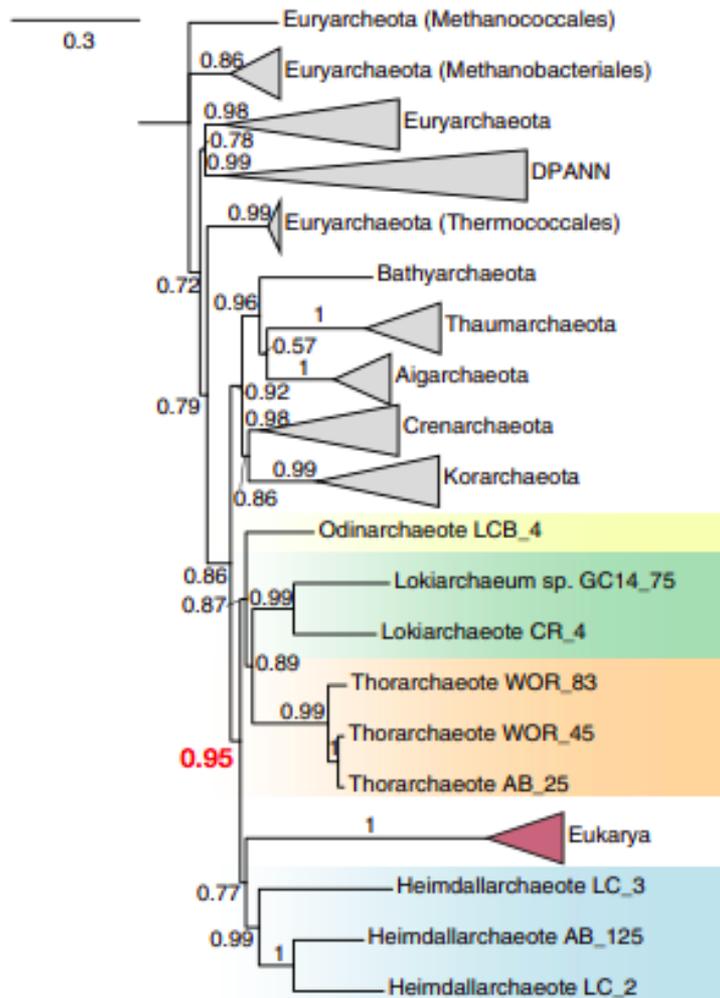
EVOLUÇÃO DO NOSSO CONHECIMENTO DA ÁRVORE DA VIDA...



Asgard archaea illuminate the origin of eukaryotic cellular complexity

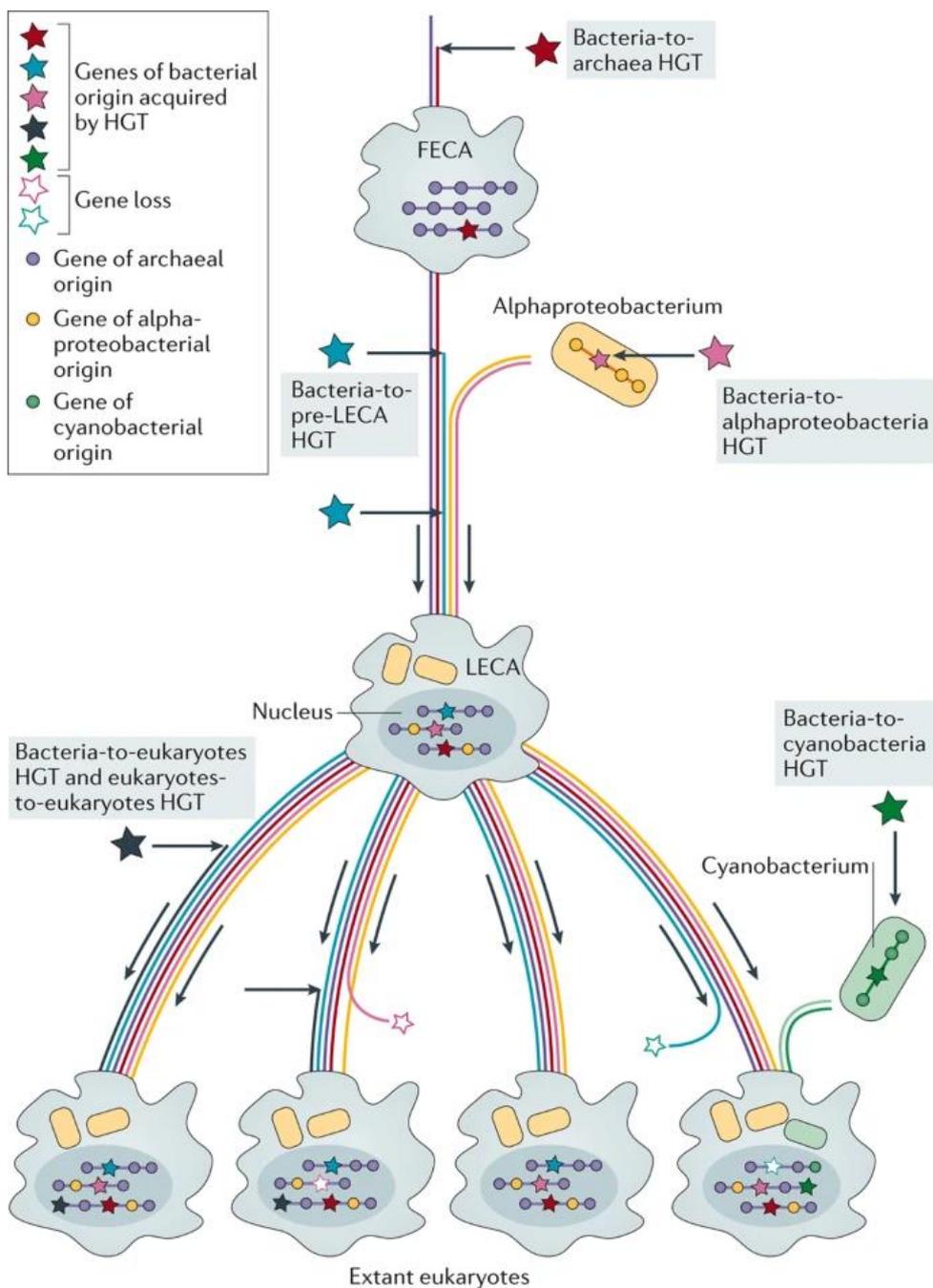
Katarzyna Zaremba-Niedzwiedzka^{1*}, Eva F. Caceres^{1*}, Jimmy H. Saw^{1*}, Disa Bäckström¹, Lina Juzokaite¹, Emmelien Vancaester^{1†}, Kiley W. Seitz², Karthik Anantharaman³, Piotr Starnawski⁴, Kasper U. Kjeldsen⁴, Matthew B. Stott⁵, Takuro Nunoura⁶, Jillian F. Banfield³, Andreas Schramm⁴, Brett J. Baker², Anja Spang¹ & Thijs J. G. Ettema¹

Atualmente...



Extended Data Figure 2 | Bayesian phylogenetic inference of 48 concatenated marker genes. The tree was inferred using CAT + GTR model and rooted with Bacteria, showing high support for the phylogenetic affiliation between Asgard archaea and eukaryotes (support value in red). Numbers at branches represent posterior probabilities and scale bar indicates the number of substitutions per site.

Archaea como procariotos mais relacionados aos eucariotos

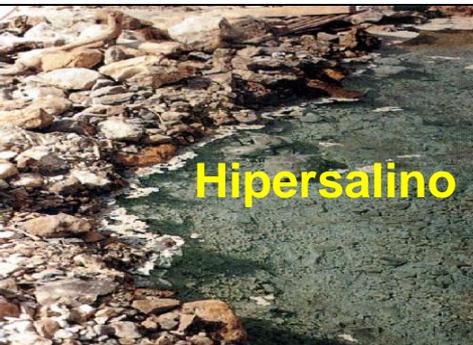


Cenários evolutivos para a origem dos genes bacterianos presentes em eucariotos

- A grande maioria dos genes de eucariotos não veio dos antecessores alphaproteobactérias (mitocondrial – amarelo) ou cianobactéria (plastideos, verde).
- Outros genes bacterianos podem ter sido transferidos antes ou depois do processo de endossimbiose (estrelas azuis) ou mesmo depois da diversificação dos eucariotos (estrelas pretas)
- first eukaryotic common ancestor (FECA).
- last eukaryotic common ancestor (LECA).

BIOLOGIA GERAL DOS PROCARIOTOS

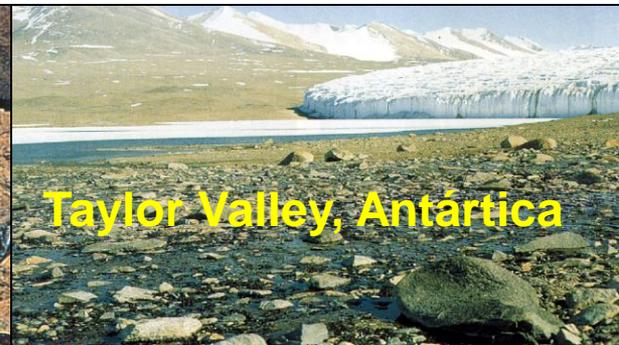
- Dividem-se em Bactérias e Arqueas;
- Microrganismos de maior sucesso na terra (em termos de número de indivíduos); existem cerca de 4.000 espécies conhecidas e estima-se que há 400.000 a 4 milhões de espécies;
- Viveram sozinhos na terra por aproximadamente 2 bilhões de anos (ambientes hostis);
- Possuem papéis cruciais na biosfera (**fixação biológica de N; fotossíntese**);
- Podem degradar rejeitos industriais, petróleo e uma infinidade de compostos;
- Em oceanos capturam energia da luz que são armazenadas em moléculas que servem de alimentos para outros organismos;



Hipersalino



Rocha

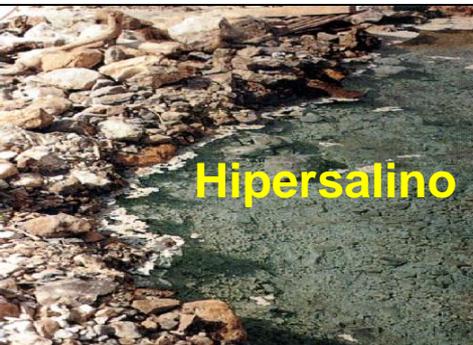


Taylor Valley, Antártica

BIOLOGIA GERAL DOS PROCARIOTOS

- Dividem-se em Bactérias e Arqueas;
- Microrganismos de maior sucesso na terra (em termos de número de indivíduos); existem cerca de 4.000 espécies conhecidas e estima-se que há 400.000 a 4 milhões de espécies;
- Viveram em ambientes extremos (ambientes hostis);
- Possuem diversas formas de reprodução;
- Podem desempenhar papéis importantes em ecossistemas;
- Em oceanos profundos, servem como fonte de alimentos para outros organismos;

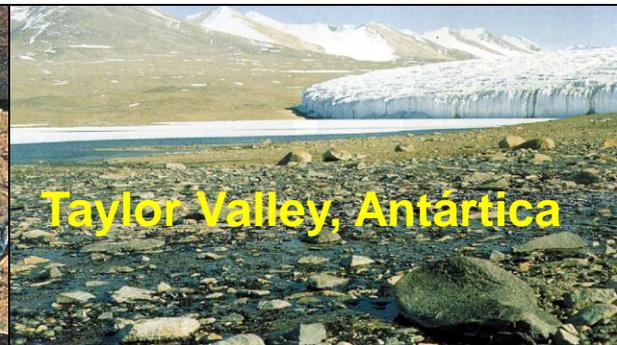
Os procariotos mais estudados ainda são as bactérias...mas o cenário está mudando.



Hipersalino



Rocha



Taylor Valley, Antártica

ARQUÉIAS (ARCHAEA) - PARTICULARIDADES

Muitos representantes extremófilos.

Sobrevivem em ambientes extremos, onde dificilmente há possibilidade de vida para outros seres.

- Locais com altas temperaturas =100°C (*Thermus aquaticus*)
- Locais com baixas concentrações ou sem oxigênio
- Locais com baixo pH
- Lagos ou mares com salinidade altíssima
- Fontes de enxofre, etc.



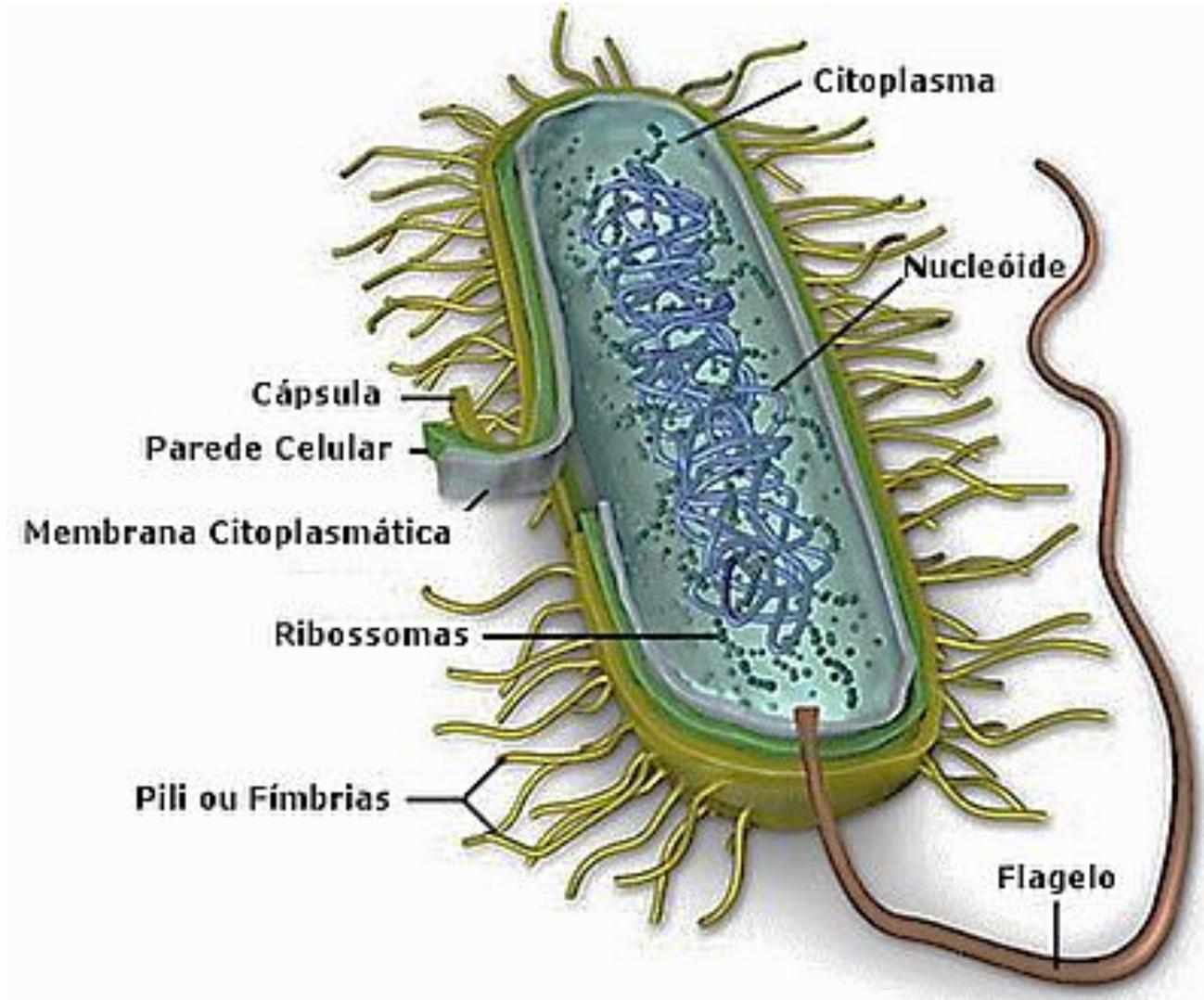
Archaea — timeline of the third domain

Ricardo Cavicchioli

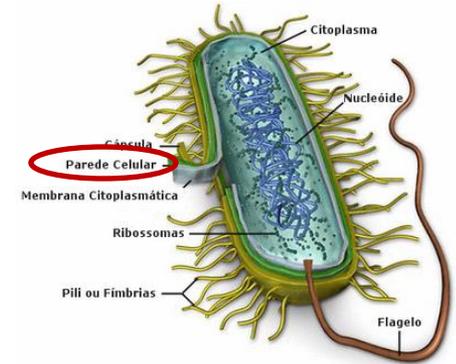
Abstract | The Archaea evolved as one of the three primary lineages several billion years ago, but the first archaea to be discovered were described in the scientific literature about 130 years ago. Moreover, the Archaea were formally proposed as the third domain of life only 20 years ago. Over this very short period of investigative history, the scientific community has learned many remarkable things about the Archaea — their unique cellular components and pathways, their abundance and critical function in diverse natural environments, and their quintessential role in shaping the evolutionary path of life on Earth. This Review charts the ‘archaea movement’, from its genesis through to key findings that, when viewed together, illustrate just how strongly the field has built on new knowledge to advance our understanding not only of the Archaea, but of biology as a whole.

- Parede celular diferente (archaea - **sem peptidoglicana**);
- Membrana plasmática **variante**;
- Proteínas associadas à tradução, transcrição e replicação estão próximas às daquelas de eucariotos;
- Enzimas do metabolismo básico (manutenção celular) mais próximas às bactérias.

CÉLULA PROCARIÓTICA TÍPICA



PAREDE CELULAR



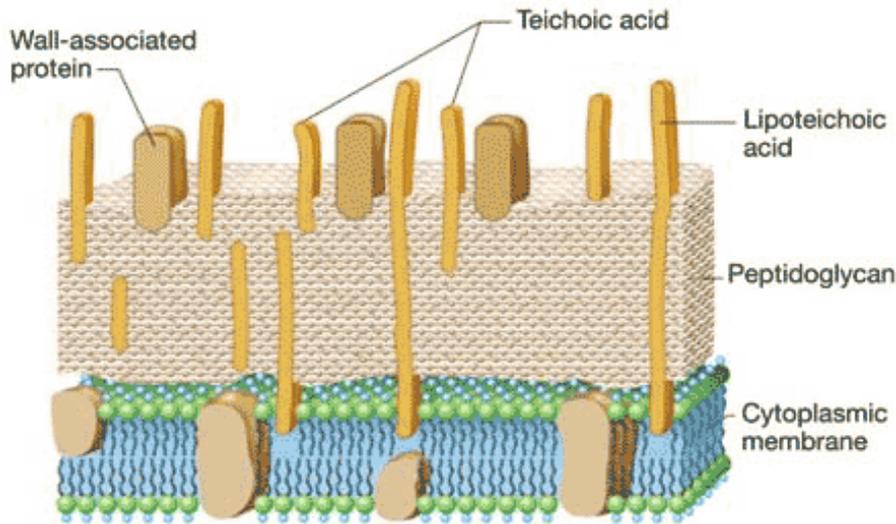
Função:

- Contenção da pressão de turgor;
- Envoltório rígido, responsável também pela forma da célula;

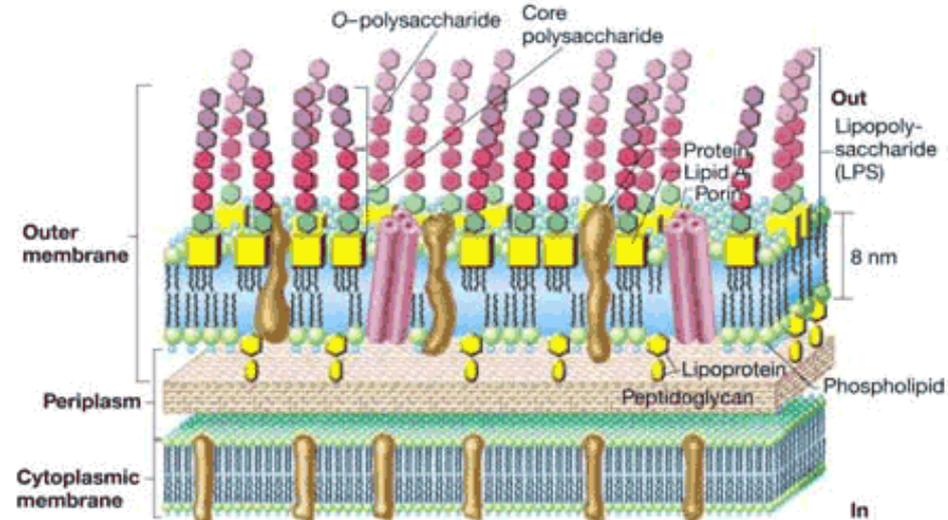
Domínio *Bacteria*

- a) componente principal: peptidoglicano (> 100 tipos)
- açúcares aminados:
 - N-acetilglicosamina
 - Ácido N-acetilmurâmico
 - aminoácidos

GRAM POSITIVAS X GRAM NEGATIVAS



Gram positivas: 90 % da parede composta por peptideoglicano (até 20 camadas) 30-60 nm



Gram negativas: 10 % da parede composta de peptideoglicano (1-2 camadas) 2-3 nm

E AS ARQUÉIAS??

- paredes com composição variável;
- sem peptidoglicano;
- algumas se comportam como Gram⁺, outras Gram⁻

a) Metanogênicas:

- * pseudopeptidoglicano;
- * polissacarídeos.

b) Halofílicas:

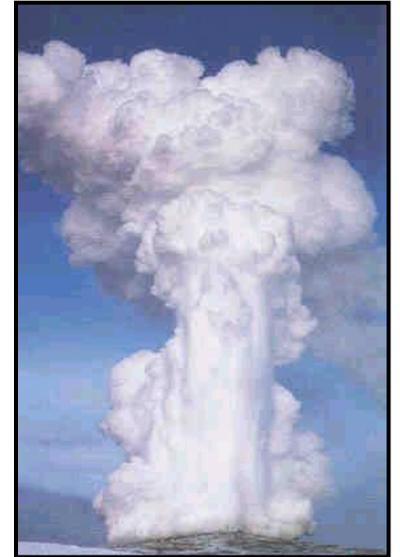
- * *Halococcus*: polissacarídeo sulfatado;
- * *Halobacterium*: glicoproteínas com cargas negativas.

c) Outras metanogênicas:

Methanococcus e *Methanospirillum*: proteínas;

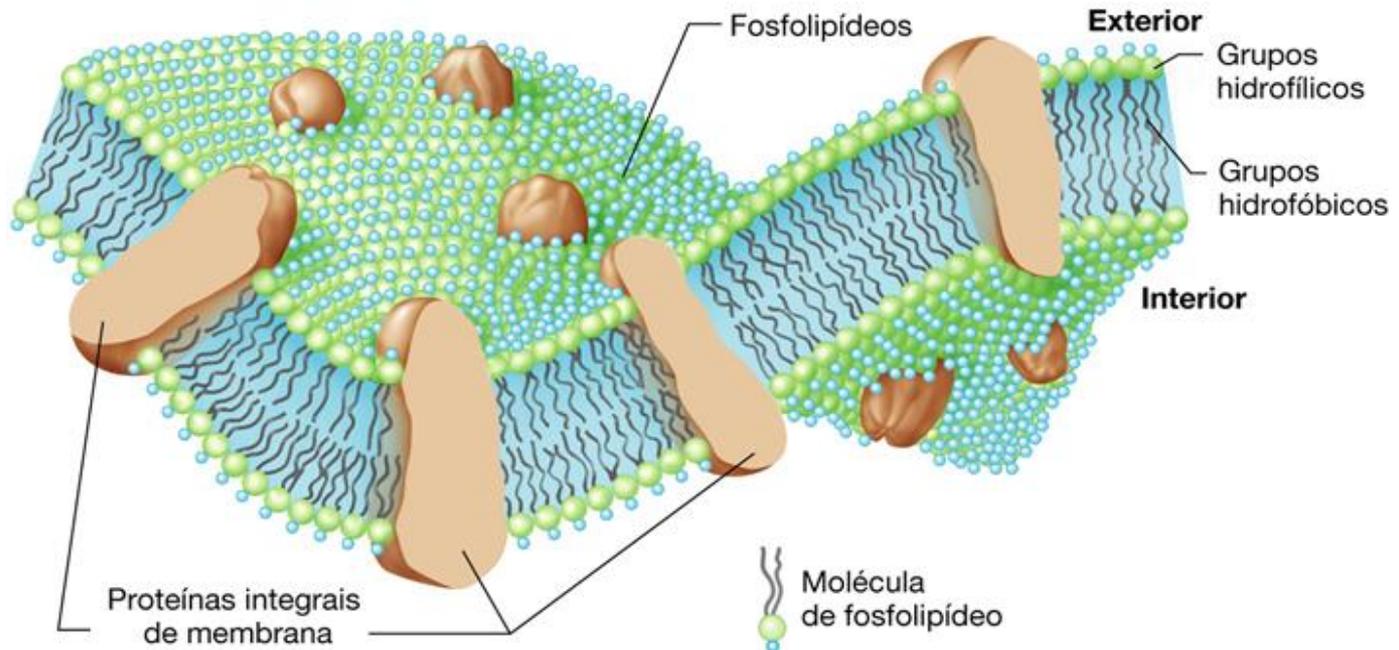
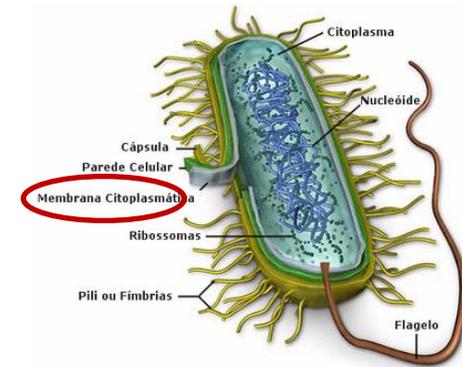
d) Hipertermofílicas:

- * *Sulfolobus*: glicoproteínas;
- * *Pyrodictium*: glicoproteínas (113°C).



MEMBRANA PLASMÁTICA

Composição: **lipídeos, proteínas e carboidratos**



Conservada em todos os tipos celulares!!!

Tipos de lipídeos em BACTÉRIAS:

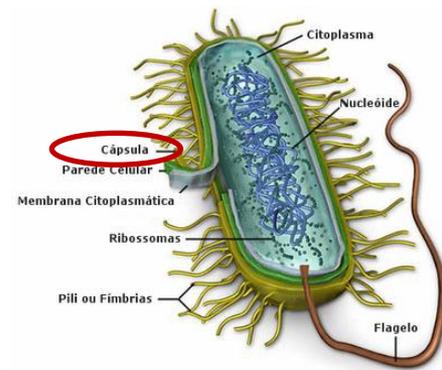
1. Glicerolipídeos
2. Glicolipídeos
3. Glicosfingolipídeos

<i>Escherichia coli</i>	
Fosfatidil etanolamina	70-75%
Fosfatidil glicerol (PG)	25%
Cardiolipina (CL)	5-10%

Por que essa diversidade na composição?

- A composição e o tipo de ácido graxo (ramificado ou não) depende do tipo de ambiente que a bactéria vive;
- Bactérias que vivem em temperaturas muito baixas, possuem uma maior quantidade de ácidos graxos insaturados e ramificados, de modo a aumentar a fluidez da membrana;

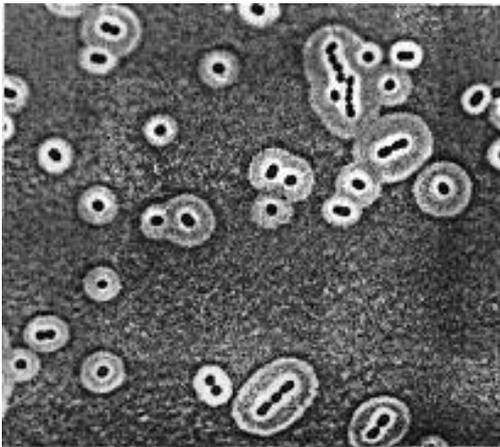
GLICOCÁLICE – CÁPSULA



Composição: glicoproteínas e/ou polissacarídeos:

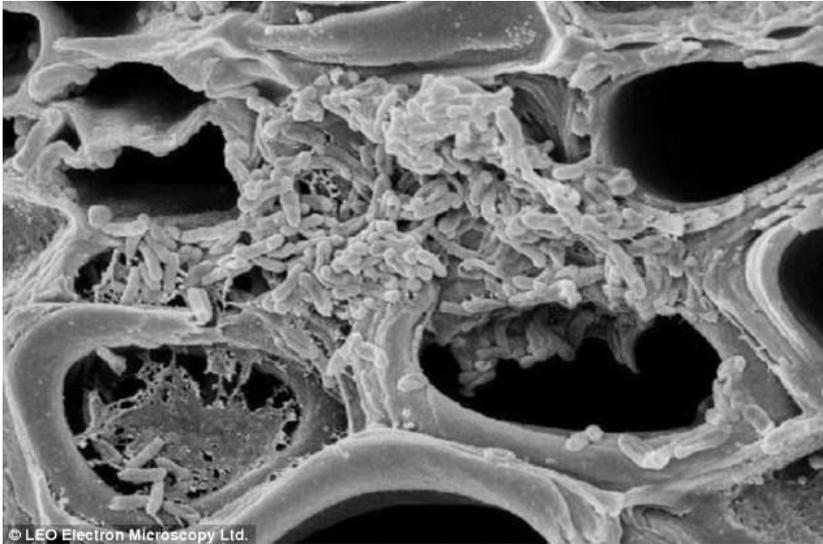
Função:

- adesão;
- proteção contra dessecação e fagocitose;
- relacionada a patogenicidade.



Coloração negativa para visualização do glicocálice

Exemplo de patogenicidade relacionada à produção de exopolissacarídeos



A bactéria *Xylella fastidiosa* coloniza o xilema de plantas de citrus, reduzindo o transporte no xilema e reduzindo a produtividade das plantas infectadas.

Como eu posso controlar essa doença?



Exemplo de patogenicidade relacionada a produção de exopolissacarídeos



Agência FAPESP

15/10/2018

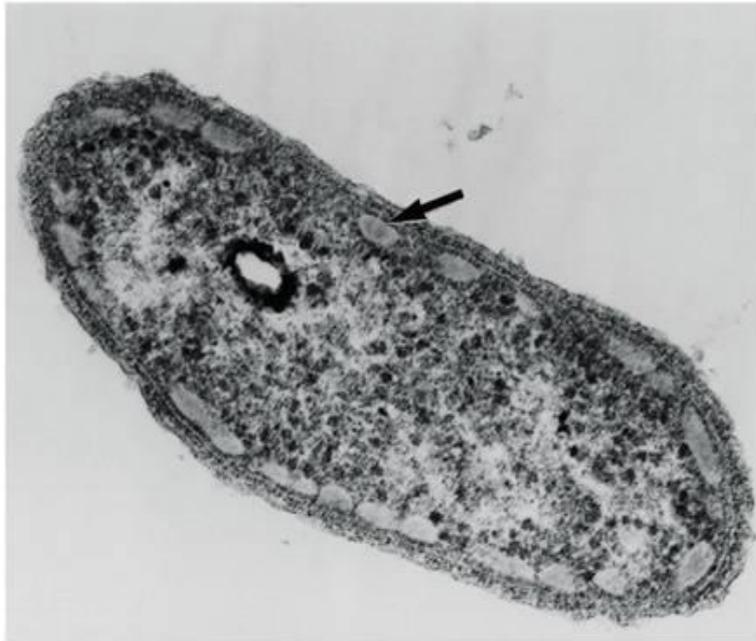
essa doença?



CROMATÓFOROS E CLOROSSOMAS

Presentes e bactérias fotossintetizantes:

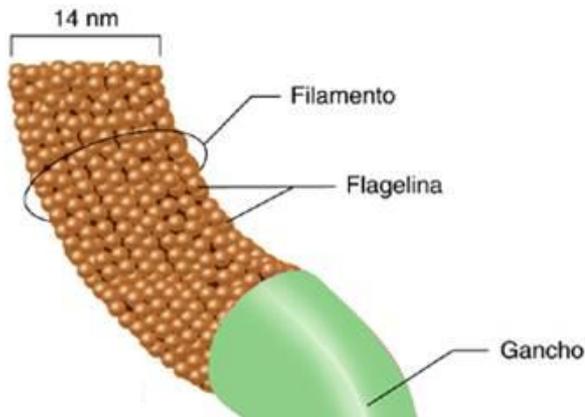
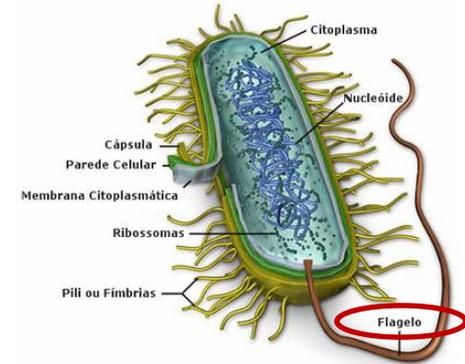
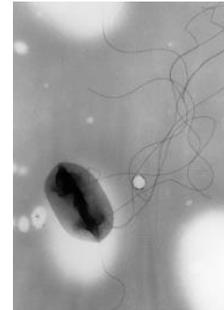
Ex: bactérias sulfurosas verdes.



Ancestrais dos cloroplastos!!

FLAGELO

- ✓ mobilidade das bactérias e arqueas;
- ✓ estrutura flexível;
- ✓ semi-rígida;
- ✓ helicoidal;
- ✓ ancorada na superfície da célula.



Principais diferenças	Arqueae	Bactéria
Composição do flagelo	Vários tipos de flagelina	Único tipo de flagelina
Glicolisação	+	-
Diâmetro do filamento	10-14 nm	20 nm
Conservação das flagelinas	N-terminal conservado	N-e C- conservados

Tomato receptor FLAGELLIN-SENSING 3 binds flgII-28 and activates the plant immune system

Sarah R. Hind, Susan R. Strickler, Patrick C. Boyle, Diane M. Dunham, Zhilong Bao, Inish M. O'Doherty, Joshua A. Baccile, Jason S. Hoki, Elise G. Viox, Christopher R. Clarke, Boris A. Vinatzer, Frank C. Schroeder & Gregory B. Martin ✉

Nature Plants **2**, Article number: 16128 (2016) | [Download Citation](#) ↓

Received: 3 March 2017 | Accepted: 8 March 2017
DOI: 10.1111/cmi.12739

WILEY

RESEARCH ARTICLE

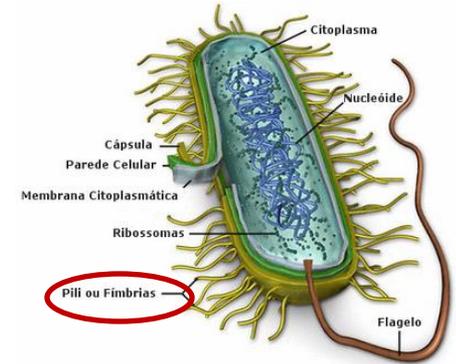
Flagelos além da
movimentação

Flagellin phase-dependent swimming on epithelial cell surfaces contributes to productive *Salmonella* gut colonisation

Julia A. Horstmann¹  | Erik Zschieschang^{2,3†} | Theresa Truschel^{4†} | Juana de Diego^{2,3} | Michele Lunelli^{2,3} | Manfred Rohde⁵ | Tobias May⁴ | Till Strowig⁶ | Theresia Stradal⁷ | Michael Kolbe^{2,3,8} | Marc Erhardt¹ 

FÍMBRIAS E PILI

- Apêndices finos (3 a 10 nm);
- Retos e curtos;
- Natureza protéica – pilina.



Fimbrias

Numerosos: 1000/célula;

Proteínas adesinas;

Adesão específica da célula bacteriana a diferentes substratos.

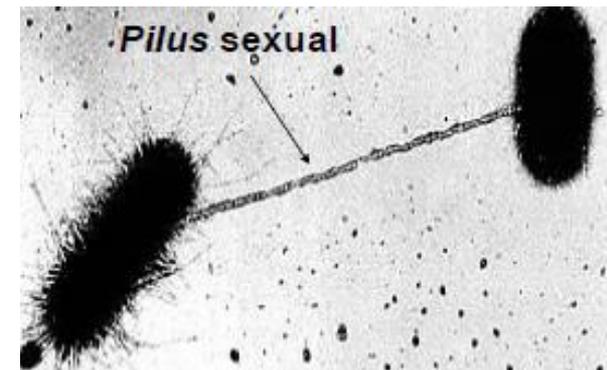
Pilus F ou fímbria sexual

< número 1 a 10;

Estrutura bastante longa e menos rígida;

Reconhecimento de outras bactérias;

Transferência de genes denominado conjugação.



Eucariotos: englobam animais, vegetais, fungos **uni e multicelulares**, protistas **unicelulares**, oomicetos



Protista



Fungi

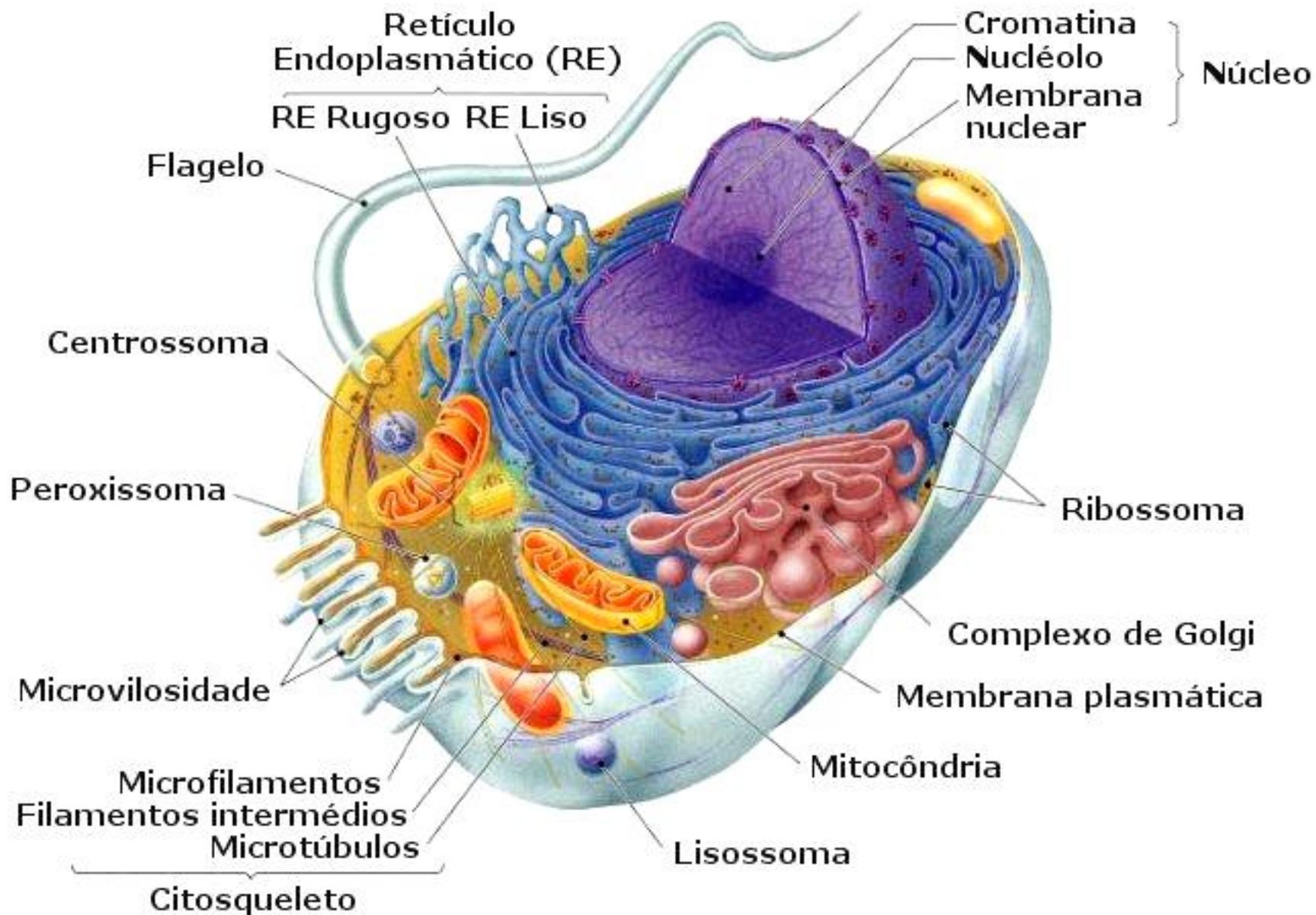


Plantae

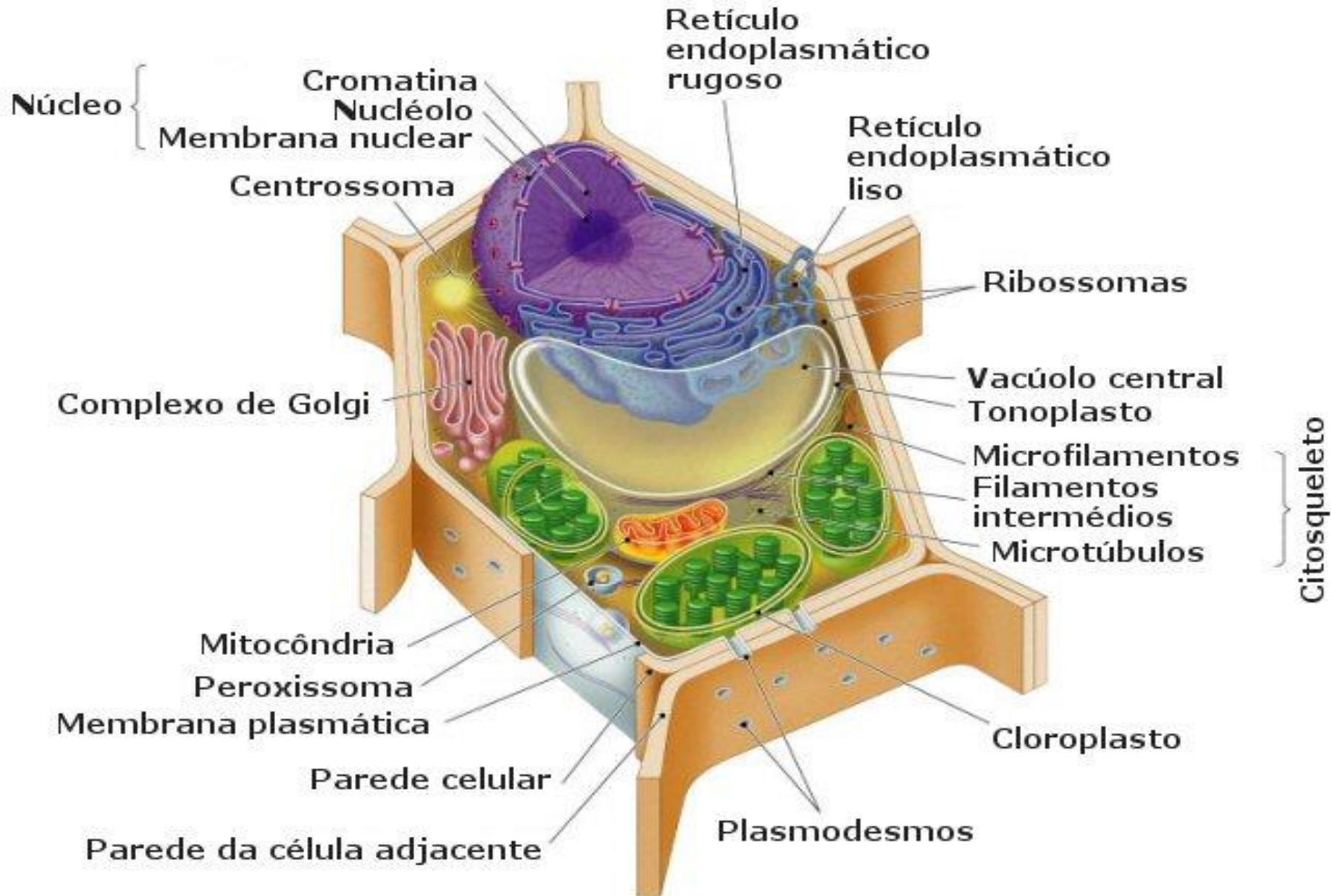


Animalia

CÉLULAS EUCARIÓTICAS (ANIMAL)

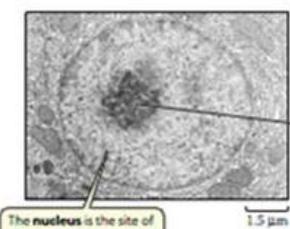


CÉLULAS EUCARIÓTICAS (VEGETAL)



Organização dos eucariotos (De Roberts et al. 2003)

Principais componentes	Subcomponentes	Função principal
Membrana celular	Parede celular Cobertura celular Membrana plasmática	Proteção Interações celulares Permeabilidade, endo e exocitose
Núcleo	Cromossomos Nucléolo	Genes Síntese dos ribossomos
Citoplasma		
Citosol	Enzimas solúveis Ribossomos	Glicólise Síntese proteica
Citoesqueleto	Microtúbulos e Microfilamentos	Forma e mobilidade celular
Organelas microtubulares	Centrômeros e centríolos Corpusculos basais e cílios	Divisão celular Motilidade celular
Sistema de endomembrana	Membrana nuclear Retículos endoplasmático Complexo de Golgi Endossomos e lisossomos	Permeabilidade nuclear Síntese e processamento Secreção Digestão
Organelas de membrana	Mitocôndria Cloroplasto Perixossomo	Síntese de ATP Fotossíntese Proteção



Nucleolus

1.5 μm

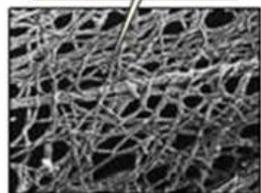
The **nucleus** is the site of most cellular DNA which, with associated proteins, comprises chromatin.



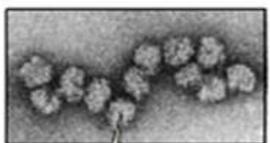
Mitochondria are the cell's power plants.

0.8 μm

A **cytoskeleton** composed of microtubules and microfilaments supports the cell and is involved in cell and organelle movement.

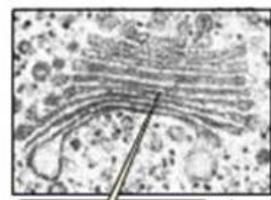


25 nm



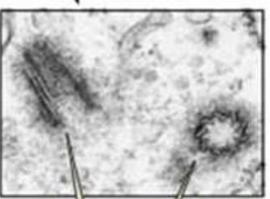
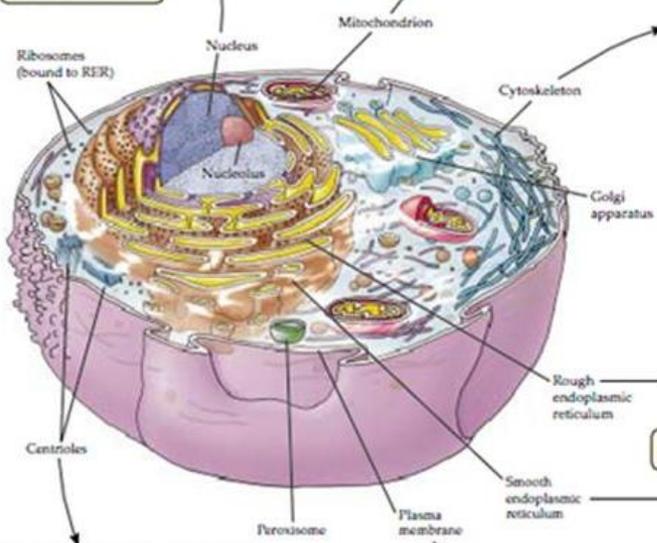
Ribosomes manufacture proteins.

25 nm



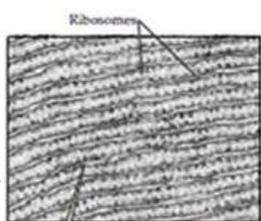
The **Golgi apparatus** processes and packages proteins.

0.5 μm



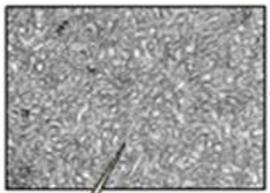
Centrioles are associated with nuclear division.

0.1 μm



The **rough endoplasmic reticulum** is the site of much protein synthesis.

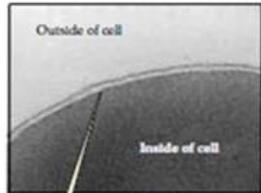
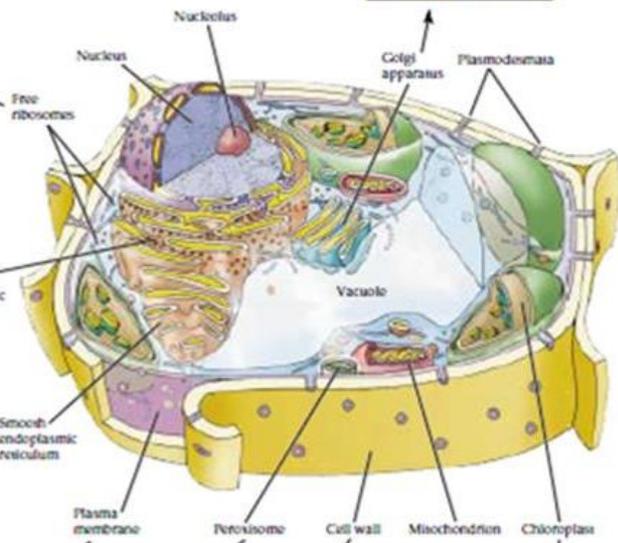
0.5 μm



Proteins and other molecules are chemically modified in the **smooth endoplasmic reticulum**.

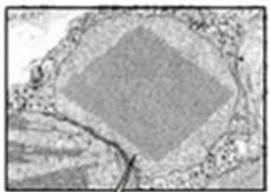
0.5 μm

A PLANT CELL



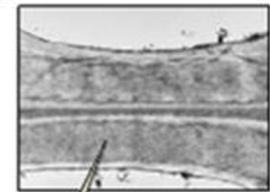
The **plasma membrane** separates the cell from its environment and regulates traffic of materials into and out of the cell.

30 μm



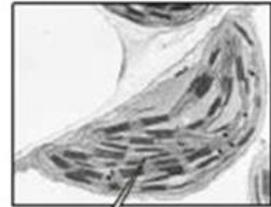
Peroxisomes break down toxic peroxides.

0.75 μm



A **cell wall** supports the plant cell.

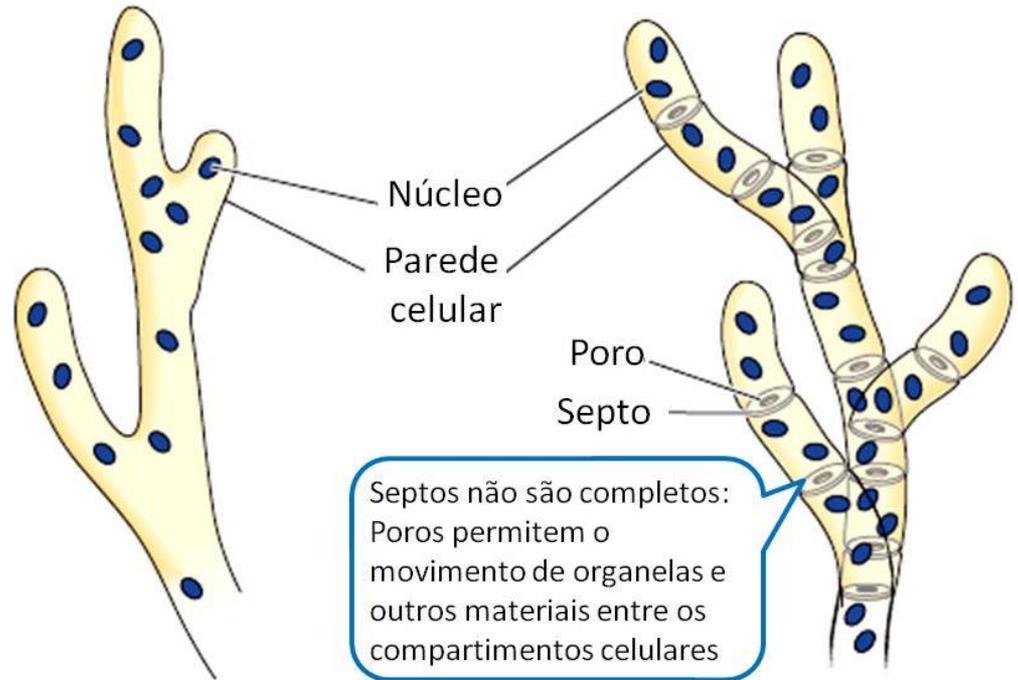
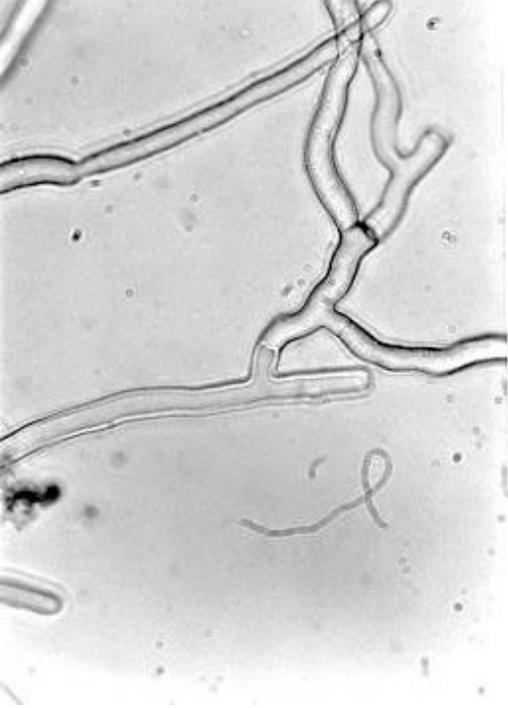
0.75 μm



Chloroplasts harvest the energy of sunlight to produce sugar.

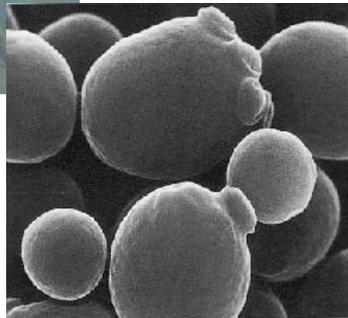
1 μm

FUNGOS



Hifa cenocítica

Hifa septada



HÁ TAMBÉM OS FUNGOS UNICELULARES!!



Armillaria ostoyae

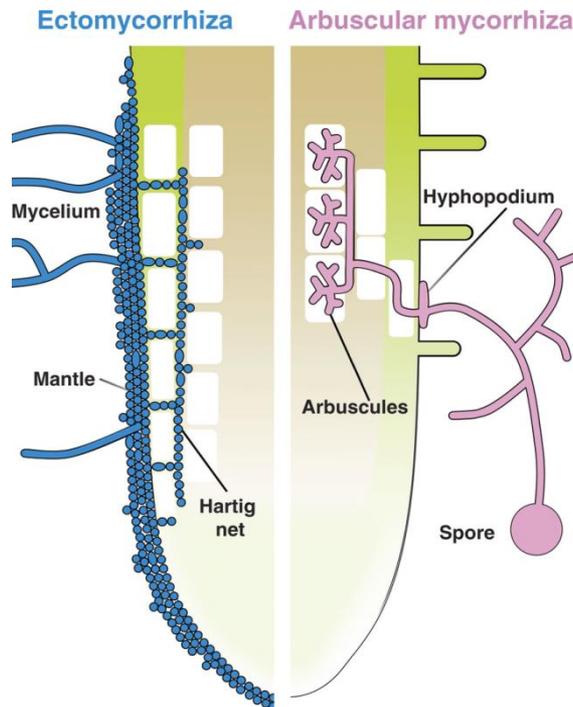


- ocupa 8,9 km² de floresta nas *Blue Mountains*, Estado de Oregon (EUA) → estima-se 2.400 anos de idade

MINI-REVIEW

Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular mycorrhizal fungi

Nicholas O. Igiehon¹ · Olubukola O. Babalola¹



Ferrugem da soja: manejo e prevenção



Fungo de The Last of Us não é perigoso na vida real e alguns do mesmo gênero são remédios

Fungo *Cordyceps* pode tornar hospedeiro um zumbi e causar sua morte, mas não exatamente como na série; gênero contém espécies com propriedades medicinais

Publicado em: 13/03/2023

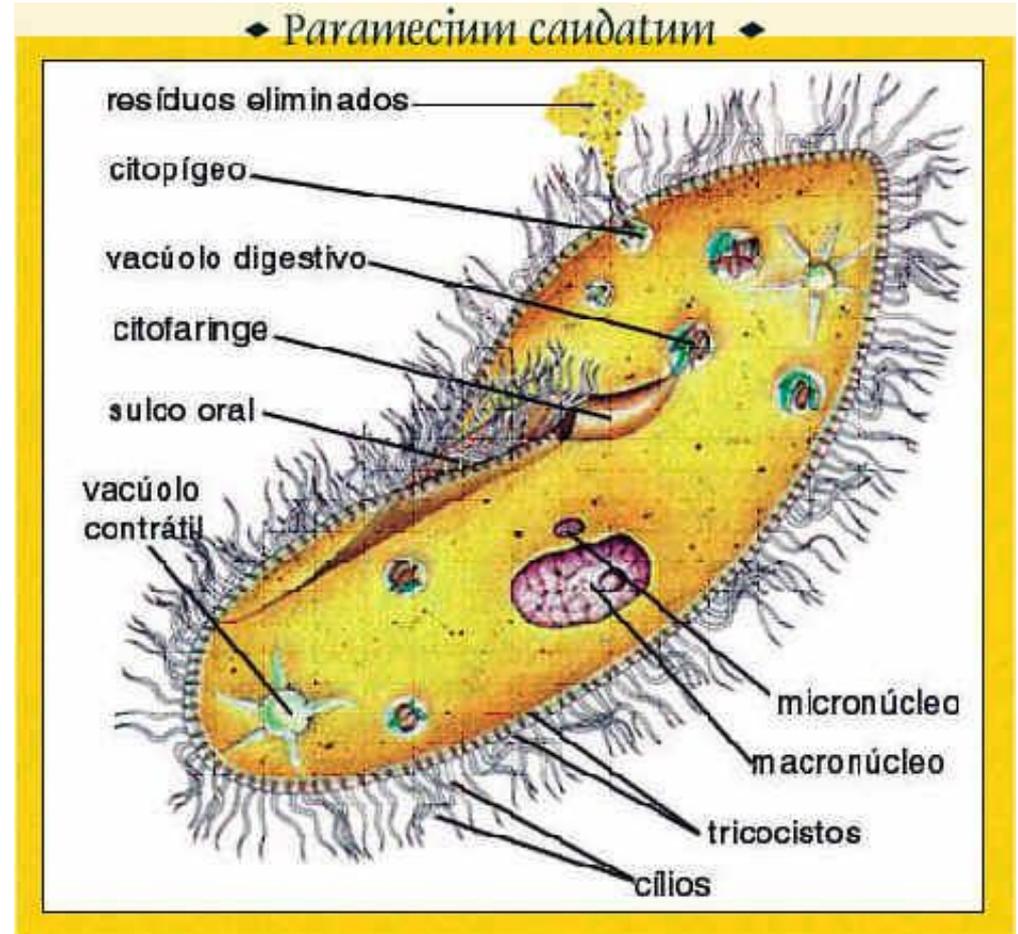
Embora fictícia, a estória da série "The Last of Us" (HBO Max) não é totalmente deslocada da realidade: o fungo do gênero *Cordyceps*, que no enredo quase dizima a humanidade, realmente existe. A diferença é que na vida real este fungo consegue infectar formigas, lagartas e outros insetos, não seres humanos. Isto, por si só, exclui o perigo – pelo menos por ora – de a humanidade sofrer uma pandemia letal por este fungo.

"Não se tem conhecimento de espécies de fungos do gênero *Cordyceps* capazes de sobreviver no corpo humano e causar a morte daquela maneira vista na série. Os fungos podem sofrer mutações, mas não sabemos se uma pandemia por uma infecção fúngica pode ser causada algum dia, mas parece-me uma possibilidade bastante remota", explica a pesquisadora do Laboratório de Desenvolvimento e Inovação do Instituto Butantan Ana Olívia de Souza, pós-doutora em bioquímica pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, que estuda a aplicação farmacológica de substâncias produzidas por diferentes espécies de fungos.



<https://butantan.gov.br/noticias/fungo-de-the-last-of-us-nao-e-perigoso-na-vida-real-e-alguns-do-mesmo-genero-sao-remedios>

PROTOZOÁRIOS



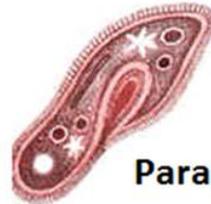
DIVERSIDADE ...



Ameba



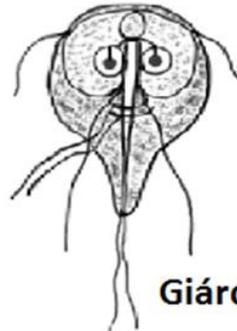
Balantídeo



Paramécio



Tripanossomo



Giárdia

Giárdia – anaeróbica sem mitocôndria!

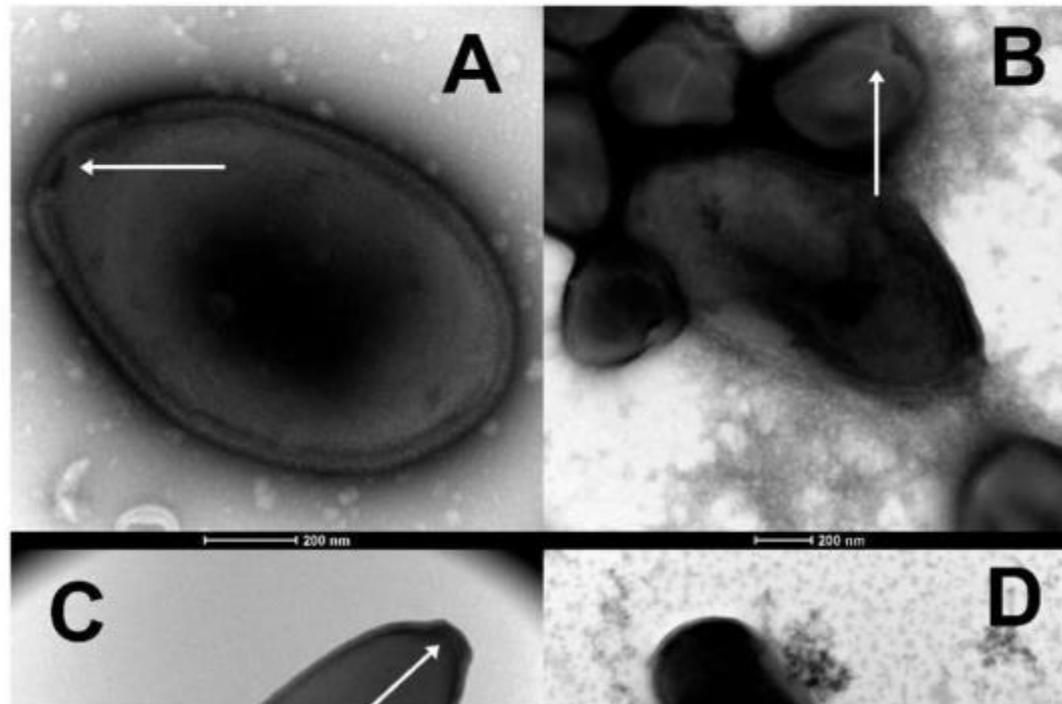
Na verdade tem uma mitocôndria extremamente pequena!!!

CAUSADORES DE DIVERSAS DOENÇAS ...

Dimorfismos celular
Grande variedade de composição de parede celular!

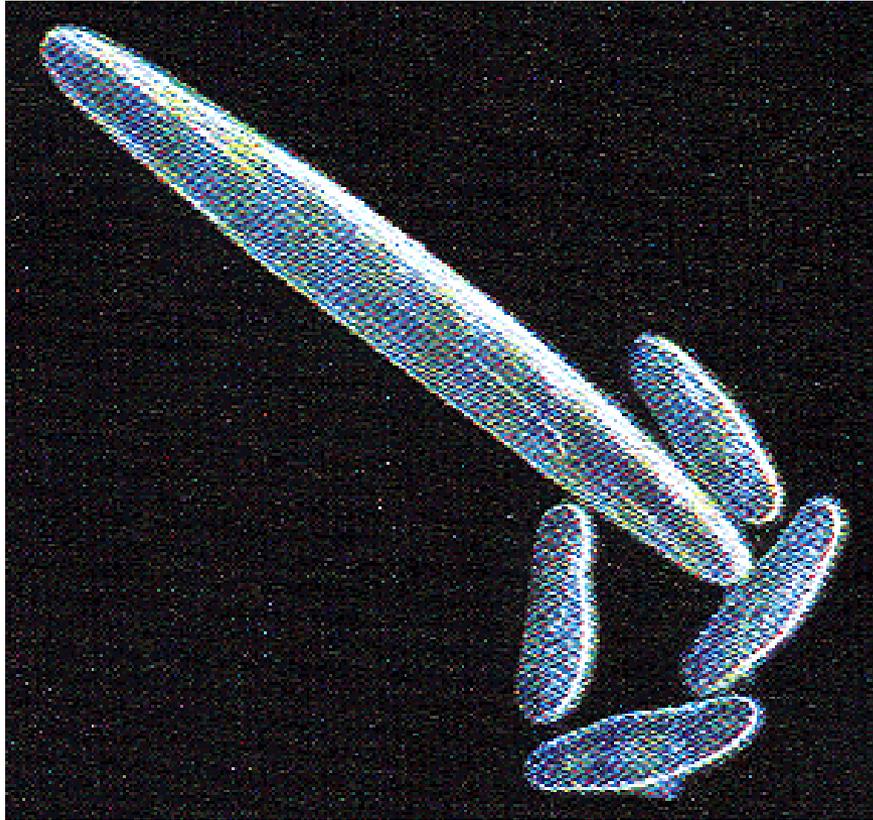
Ancient dormant viruses found in permafrost, once revived, can infect amoeba

by Bob Yirka , Phys.org



Morphological features guiding the preliminary identification of newly isolated vi...

CUIDADO COM AS CLASSIFICAÇÕES!!



Comparação entre o tamanho de uma célula de *Epulopiscium* e 4 paramécios
(Adaptado do livro Brock Biology of Microorganisms, 10 Ed., 2003)



Epulopiscium fishelsoni N. G., N. Sp., a Protist of Uncertain Taxonomic Affinities from the Gut of an Herbivorous Reef Fish†

W. LINN MONTGOMERY, PEGGY E. POLLAK

First published: November 1988 | <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.1988.tb04153.x> | Citations: 34

> [Nature](#), 362 (6417), 239-41 1993 Mar 18

The Largest Bacterium

E R Angert¹, K D Clements, N R Pace

Affiliations + expand

PMID: 8459849 DOI: 10.1038/362239a0

Miller *et al.* *BMC Genomics* 2012, **13**:265
<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/265>



RESEARCH ARTICLE

Open Access

The genomic basis for the evolution of a novel form of cellular reproduction in the bacterium *Epulopiscium*

David A Miller¹, Garret Suen², Kendall D Clements³ and Esther R Angert^{1*}

Células de procariotos

Estruturas exteriores	
Parede celular	Presente (proteína-polissacarídeo)
Membrana celular	Presente
Flagelo	Pode estar presente
Estruturas interiores	
R. E.	Ausente
Ribossomos	Presente
Microtúbulos	Ausente
Centríolos	Ausente
Complexo de Golgi	Ausente
Núcleo	Ausente
Mitocôndria	Ausente
Cloroplastos	Ausente
Cromossomo	Presente (muitas vezes único e circular)
Lisossomos	Ausente
Vacúolos	Ausente
Peroxisomos	Ausente

Células de eucariotos

Estruturas exteriores	
Parede celular	Pode estar presente (celulose, lignina, pectina, quitina...)
Membrana celular	Presente
Flagelo	Pode estar presente
Estruturas interiores	
R. E.	Presente
Ribossomos	Presente
Microtúbulos	Presente
Centríolos	Pode estar presente (animais)
Complexo de Golgi	Presente
Núcleo	Presente
Mitocôndria	Presente
Cloroplastos	Pode estar presente (plantas)
Cromossomo	Presente
Lisossomos	Pode estar presente (animais)
Vacúolos	Pode estar presente (plantas, fungos e protistas)
Peroxisossomos	Presente

Estruturas exteriores	Eucariotos	Procarioto
Tamanho da célula	5 – 100 µm	0,1 – 1 µm
Parede celular	Pode estar presente (celulose, lignina, pectina, quitina, alginato, principalmente)	Pode estar presente (peptídeoglicana, pseudopeptídeoglicana)
Membrana celular	Presente	Presente
Locomoção	Flagelos ondulantes/cílios/movimento amebóide	Flagelo rotativo/cílios/deslizamento
Estruturas interiores		
Localização dos cromossomos	Núcleo com membrana	Nucleóide sem membrana
Cromossomo	Linear	Muitas vezes único e circular
DNA extracromossômico	Mitocondrial e Cloroplastidial	Plasmídios
Ribossomos	Presente (40 e 60S/80S)	Presente (30 e 50S/70S)
Microtúbulos/centrossomo	Presente (centríolos em células animais)	Ausente
Complexo de Golgi/ R.E.	Presente	Ausente
Vacúolos	Pode estar presente	Ausente
Mitocôndria	Presente (respiração)	Ausente (respiração na membrana)
Cloroplastos	Pode estar presente (plantas)	Ausente
Lisossomos	Pode estar presente (animais)	Ausente
Peroxisomos	Presente	Ausente

ESTUDO DIRIGIDO:

1. Diferenças entre Eucariotos e Procariotos.
2. Estrutura da célula de procarioto.
3. Diferenças entre Bactérias e Arqueas.
4. Estrutura da célula de eucarioto.
5. Função das organelas em eucariotos.

Capítulo 1 – Célula

De Robertis, E.M.F.; Hib, J. 2014. *Biologia Celular e Molecular*. 16ª Edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.